

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Marten SWART

Application No.: New U.S. Application

Filed: March 24, 2004

Group Art Unit: Unassigned

For: CIRCUIT ARRANGEMENT WITH A LINEAR  
VARIABLE DIFFERENTIAL TRANSFORMER  
(LVDT) AS A DISPLACEMENT SENSOR OR  
FORCE SENSOR

Examiner: Unassigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

MS Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

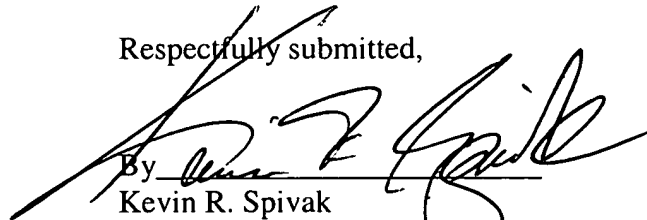
Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application Nos.</u>	<u>Date</u>
Germany	10313022.5	March 24, 2003
Germany	10313021.7	March 24, 2003

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications are filed herewith.

Dated: March 24, 2004

Respectfully submitted,



By Kevin R. Spivak

Registration No.: 43,148

MORRISON & FOERSTER LLP

1650 Tysons Blvd, Suite 300

McLean, Virginia 22102

(703) 760-7762 – Telephone No.

(703) 760-7777 – Facsimile No.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 13 022.5

**Anmeldetag:** 24. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und Verfahren zum Korrigieren des Messsignals der Schaltungsanordnung

**IPC:** G 01 B, G 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Zitzenzier

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Beschreibung

Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und  
5 Verfahren zum Korrigieren des Messsignals der Schaltungsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als  
10 Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung, die mit der Primärwicklung des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung, die mit den Sekundärwicklungen des Transformators (LVDT) verbunden ist und  
15 ein Messsignal bereitstellt. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Korrigieren des Messsignals der Schaltungsanordnung.

Eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung ist aus der US  
20 5,777,468 A bekannt. Bei Verwendung einer solchen Schaltungsanordnung zur Bestimmung des Gewichts einer auf einem Fahrzeugsitz sitzenden Person, also der Kraft, die auf den Fahrzeugsitz einwirkt, wird der Weg gemessen, den sich der Fahrzeugsitz unter Einwirkung der Kraft bzw. des Gewichts der  
25 Person bewegt und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Es ist bei einer solchen Anwendung einerseits eine genügend große Auflösung des Personengewichts gewünscht andererseits soll sich der Sitz jedoch nur um wenige Millimeter bewegen können, um aufgrund der notwendigen federnden Aufhängung keine unangenehmen Schaukelbewegungen durchzuführen, es wird also meist  
30 eine sehr harte Feder beispielsweise in Form einer Blattfeder verwendet.

Die gewünschte geringe Auslenkung verbunden mit einer hohen  
35 Auflösung führt also zum Erfordernis einer hohen Empfindlichkeit der Messanordnung.

Das der einwirkenden Kraft proportionale Messsignal der Schaltungsanordnung ist abhängig von der Temperatur, der die Schaltungsanordnung ausgesetzt ist. Es besteht daher das Bedürfnis, die Abhängigkeit des Messsignals von der Temperatur zu ermitteln und eine entsprechende Korrektur für eine jeweils vorherrschende Temperatur vorzunehmen. Hierzu ist es jedoch erforderlich, die aktuelle Temperatur zu kennen, wozu die Temperatur mit einem Temperaturfühler gemessen werden kann. Die Verwendung zusätzlicher Temperaturfühler erfordert jedoch einen erhöhten Materialaufwand und ist somit kostengünstiger.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, die gattungsgemäße Schaltungsanordnung so weiterzubilden, dass die Temperatur möglichst genau mit geringem Aufwand gemessen werden kann. Eine weitere Aufgabe ist es, ein geeignetes Verfahren hierzu anzugeben.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 sowie des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt die Tatsache zugrunde, dass der Widerstandswert der Primärwicklung temperaturabhängig ist und somit durch Ermitteln dieses Widerstandswertes auf einfache und dabei sehr genaue Weise die aktuelle Temperatur der Schaltungsanordnung ermittelt werden kann. Aufgrund der Kenntnis der Abhängigkeit des Messsignals der Schaltungsanordnung von der Temperatur, welche durch Versuche erlangt werden kann, kann dann durch die Steuerschaltung das Messsignal entsprechend korrigiert werden, so dass Temperatureinflüsse eliminiert werden. Die Ermittlung des Widerstandswerts der Primärwicklung erfolgt dabei durch Messung der Spannung an der Primärwicklung sowie des Stromes durch die Primärwicklung bzw. einer diesem Strom proportionalen Spannung.

In vorteilhafter Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung weist die Steuerschaltung eine Addierschaltung auf, an deren Eingänge eine dem Widerstandswert der Primärwicklung proportionale Spannung sowie eine Bezugsspannung anliegen. Die Bezugsspannung weist dabei eine gegenüber der dem Widerstandswert der Primärwicklung proportionalen Spannung entgegengesetzte Polarität auf, so dass eigentlich die Differenz der beiden Spannungen gebildet wird. Hierdurch kann durch geeignete Wahl der Werte der Beschaltungselemente, insbesondere der Werte von Vorschalt- und Rückkoppelwiderständen, der Addierschaltung erreicht werden, dass deren Ausgangsspannung bei einer bestimmten Bezugstemperatur, vorzugsweise der Umgebungstemperatur gleich 0 Volt ist und somit Abweichungen in positiver und negativer Richtung von der Umgebungstemperatur durch ein entsprechendes Vorzeichen der Ausgangsspannung gekennzeichnet sind.

In weiterer vorteilhafter Weiterbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist die Bezugsspannung eine dem Strom durch die Primärwicklung proportionale Spannung, da hierdurch Schwankungen des Primärwicklungsstromes, die sich als Schwankungen des gemessenen Widerstandswertes äußern, direkt auch in die Bezugsspannung eingehen und somit im Ausgangswert der Addierschaltung automatisch berücksichtigt werden und diese Berücksichtigung nicht durch aufwendige Beeinflussung einer sonstigen Bezugsspannung erreicht werden muss.

In einer besonders vorteilhaften Ausbildung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung weist der Strom durch die Primärwicklung einen trapezförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten auf. Die Steuerschaltung ist dabei derart ausgebildet, dass Abtastwerte einer an der Primärwicklung abgegriffenen, rechteckförmigen Spannung als auch einer dem Strom durch die Primärwicklung proportionalen Spannung zu Zeiten genommen werden, zu denen der trapezförmige Strom einen konstanten Verlauf hat. Hierdurch wird erreicht, dass eine Bestimmung des Wider-

standswerts der Primärwicklung erfolgt, wenn lediglich ein Gleichstrom durch die Primärwicklung fließt und somit ihre Induktivität keinen Einfluss auf das Messergebnis hat.

- 5 In weiterer Weiterbildung werden die Abtastwerte sowohl in der ersten als auch in der zweiten Periodenhälfte ermittelt und die aus den jeweiligen Abtastwerten der ersten Periodenhälfte und den jeweiligen Abtastwerten der zweiten Periodenhälfte gebildeten Differenzwerte als Messwerte verwendet.
- 10 Hierdurch wird eine Verdopplung der Empfindlichkeit der Messung erreicht. Außerdem werden Gleichtaktstörungen durch die Differenzbildung eliminiert.

- In der Praxis treten Abweichungen von vorgegebenen Sollwerten
- 15 der Widerstandswerte der Addierschaltung, des Primärwicklungswiderstandswerts und der Stromes durch die Primärwicklung bzw. der diesen erzeugenden Spannung auf. Dies resultiert in einer Abweichung der Ausgangsspannung der Addierschaltung von 0 Volt bei der vorgegebenen Bezugstemperatur
- 20 sowie in einer Abweichung der Empfindlichkeit der Schaltungsanordnung bezüglich der Temperaturmessung von einem vorgegebenen Sollwert. In einer vorteilhaften Ausbildung der Erfindung werden die tatsächlich gemessenen Werte mit den Sollwerten verglichen und die Abweichungen als Korrekturwerte für
- 25 eine Kalibrierung der Messanordnung verwendet.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von Figuren näher erläutert werden. Dabei zeigen

30

- Figur 1 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung,  
Figur 2 den Verlauf des Stromes durch die Primärwicklung,  
Figur 3 den Verlauf der Spannung an der Primärwicklung bei einer Temperatur von 25°C,  
35 Figur 4 den Verlauf der Spannung an der Primärwicklung bei einer Temperatur von 85°C und



Figur 5 den Verlauf der Spannung an der Primärwicklung bei einer Temperatur von  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Figur 1 zeigt einen linear veränderlichen differentiellen

5 Transformator LVDT, der mit einer Primärwicklung  $W_p$  und zwei  
Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  gebildet ist. Über einen Kern  $K$   
ist die Primärwicklung  $W_p$  mit den Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$   
magnetisch gekoppelt. Die Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  sind  
10 derart in Reihe geschaltet, dass an den freien Anschlüssen 3  
und 6 die Differenz der Spannungen an den einzelnen Sekundär-  
wicklungen  $W_{s1}$  bzw.  $W_{s2}$  abgreifbar ist. Der Kern  $K$  ist beweg-  
lich und kann für den bevorzugten Anwendungsbereich in nicht  
dargestellter Weise mit einem Fahrzeugsitz gekoppelt werden,  
um sich bei Druck- oder Zugbelastung des Sitzes entsprechend  
15 zwischen den Wicklungen des linear veränderlichen differen-  
tiellen Transformator LVDT zu bewegen. Wenn sich der Kern  $K$   
in einer Mittellage zwischen den beiden Sekundärwicklungen  
 $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  befindet ist die an den Anschlüssen 3 und 6 abgreif-  
bare Spannung gleich 0 Volt.

20 Die Primärwicklung  $W_p$  wird an ihren Anschlüssen 1, 2 von ei-  
ner Ansteuerschaltung ASS mit einem Strom  $I_L$  mit trapezförmig-  
em Verlauf angesteuert. Den Stromverlauf zeigt das Diagramm  
in Figur 2. Die Ansteuerschaltung ASS weist hierzu einen mit  
25 einem Operationsverstärker  $V_2$  gebildeten Spannungs-Strom-  
Wandler auf, wobei der Ausgang des Operationsverstärkers  $V_2$   
über die Primärwicklung auf seinen invertierenden Eingang  
rückgekoppelt ist. Der invertierende Eingang des Operations-  
verstärkers  $V_2$  ist außerdem über einen Widerstand  $R_4$  mit dem  
30 Ausgang einer von einer Rechteckspannung angesteuerten Integ-  
rierschaltung, die in bekannter Weise mit einem über einen  
Kondensator  $C_1$  von seinem Ausgang auf seinen invertierenden  
Eingang gegengekoppelten Operationsverstärker  $V_1$  gebildet  
ist, verbunden. Die nicht-invertierenden Eingänge der beiden  
35 Operationsverstärker  $V_1$  und  $V_2$  sind mit einem Referenzpoten-  
tial  $V_{ref}$  verbunden. Das Referenzpotential  $V_{ref}$  wird im dar-  
gestellten Ausführungsbeispiel mittels eines zwischen der

Versorgungsspannung  $V_{cc}$  und einem Massepotential angeordneten Spannungsteilers aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen  $R_1$  und  $R_2$  an deren Mittelabgriff bereitgestellt. Dem zweiten Widerstand  $R_2$  des Spannungsteilers ist ein Pufferkondensator  $C_2$  parallelgeschaltet. Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  des Spannungsteilers sind vorzugsweise gleich groß, so dass die Referenzspannung  $V_{ref}$  gleich der halben Versorgungsspannung  $V_{cc}$  ist ( $V_{ref}=V_{cc}/2$ ).

Die Rechteckspannung wird mittels einer Rechteckerzeugungsschaltung RES gebildet, die im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 mit einem Umschalter  $S_1$  und einem mit dem Ausgangsanschluss 7 des Umschalters  $S_1$  verbundenen Widerstand  $R_3$  gebildet ist. Der andere Anschluss des Widerstands  $R_3$  bildet den Ausgangsanschluss der Rechteckerzeugungsschaltung RES und ist mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers  $V_1$  der Integrierschaltung verbunden. Der Umschalter  $S_1$  schaltet den Ausgang zwischen der Versorgungsspannung  $V_{cc}$  und dem Masseanschluss. Er wird durch ein Steuersignal  $SIG_1$  von einer Steuerschaltung ST, die beispielsweise mit einem Mikroprozessor gebildet sein kann, angesteuert. Am Ausgang 7 des Umschalters  $S_1$  liegt eine Spannung mit einem rechteckförmigen Verlauf, die bezogen auf die Referenzspannung  $U_{ref}=V_{cc}/2$  zwischen zwei Spannungen  $+U_{rechteck}$  und  $-U_{rechteck}$  im Takt des Steuersignals  $SIG_1$  wechselt. Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist  $+U_{rechteck}$  gleich  $V_{cc}$  und  $-U_{rechteck}$  gleich 0 Volt (Masse).

Dem Kondensator  $C_1$  der Integrierschaltung ist eine bipolare Zenerdiode  $ZD_1$  parallelgeschaltet, um die Ausgangsspannung der Integrierschaltung auf einen Maximalwert zu begrenzen. Das Ausgangssignal der Integrierschaltung weist also im Prinzip eine Trapezform auf, die bezüglich der Referenzspannung  $U_{ref}$  zwischen den Werten  $+U_{trapez}$  und  $-U_{trapez}$  über linear ansteigende und abfallende Flanken verläuft. In der Figur 2 ist dieser trapezförmige Verlauf für den Ausgangsstrom  $I_L$  des Spannungs-Strom-Wandlers  $V_2$  zu erkennen, der entsprechend

seiner Eingangsspannung zwischen +Itrapez und -Itrapez über linear ansteigende und abfallende Flanken verläuft.

Die Anschlüsse 3 und 6 der Sekundärwicklungen Sw1 und Sw2  
5 sind mit einer Auswerteschaltung AWS verbunden, die mit einem Invertierverstärker V3, R5, R6 und einer Auswerteeinheit AE gebildet ist. Dabei ist der Anschluss 3 der ersten Sekundärwicklung Ws1 mit dem nicht-invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers V3 und der Anschluss 6 der zweiten Sekundärwicklung Ws2 über einen Widerstand R5 mit dem invertierenden  
10 den Eingang des Operationsverstärkers V3 verbunden. Der Ausgangsanschluss 8 des Operationsverstärkers ist über einen Widerstand R6 auf den invertierenden Eingang rückgekoppelt. Der Anschluss 6 der zweiten Sekundärwicklung ist außerdem mit dem  
15 Referenzpotential Vref verbunden.

Der Ausgangsanschluss 8 des Operationsverstärkers V3 ist mit dem Eingang einer Auswerteeinheit AE verbunden, an deren Ausgang das Messsignal MS bereitgestellt wird. Die Auswerteeinheit AE ist derart ausgebildet, dass sie getaktet von einem  
20 von der Steuereinheit ST erzeugten zweiten Steuersignal SIG2 die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers V3 sowohl in der ersten Periodenhälfte zu einem ersten Abtastzeitpunkt als auch in der zweiten Periodenhälfte zu einem zweiten Abtastzeitpunkt abtastet und die erhaltenen Werte voneinander abzieht, also deren Differenz bildet. Auf diese Weise werden  
25 einerseits Gleichtaktstörungen unterdrückt und andererseits wird die Amplitude des Messsignals MS gegenüber dem Ausgangssignal des Operationsverstärkers V3 verdoppelt, so dass die  
30 Empfindlichkeit der gesamten Schaltungsanordnung erhöht wird.

Zur Temperaturmessung ist nun der Ausgang 2 des Strom-Spannungs-Wandlers V2 über einen Widerstand R30 mit dem invertierenden Eingang eines Addieroperationsverstärkers V4  
35 verbunden. Die Ausgangsspannung Uout des Strom-Spannungs-Wandlers V2 liegt an der mit dem Strom-Spannungs-Wandlerausgang verbundenen Primärwicklung Wp an. Der Ausgang

9 der Integrierschaltung V1, an der eine trapezförmige Spannung  $U_{in}$  anliegt ist über einen Widerstand R32 ebenfalls mit dem invertierenden Eingang des Addieroperationsverstärkers V4 verbunden. Die Spannung  $U_{in}$  ist proportional dem Strom  $I_L$   
 5 durch die Primärwicklung  $W_p$ . Der Ausgang des Addieroperationsverstärkers V4 ist über einen Widerstand R31 auf den invertierenden Eingang des Addieroperationsverstärkers V4 rückgekoppelt und über eine erste Tiefpassschaltung R34, C3 mit einer Klemme 10 verbunden. Der nicht-invertierende Eingang  
 10 des Addieroperationsverstärkers V4 ist über einen Widerstand R33 mit dem Referenzpotential  $V_{ref}$  verbunden. Die Spannung  $U_{in}$  am Ausgang der Integrierschaltung V1 ist über eine zweite Tiefpassschaltung R35, C4 mit einer Klemme 11 verbunden, an der eine Spannung  $U_{in}'$  anliegt.

15 An der Klemme 10 liegt eine Spannung  $U_{out}'$  an, die der Summe der beiden Spannungen  $U_{out}$  und  $U_{in}$  proportional ist und sich gemäß der Formel

$$20 \quad U_{out}' = U_{in} \cdot \left[ \frac{RL25(1 + KT(TEMP - 25^\circ C)) \cdot R31}{R4 \cdot R30} - \frac{R31}{R32} \right]$$

berechnet. Dabei gibt die Formel

$$25 \quad RL = RL25 (1 + KT(TEMP - 25^\circ C))$$

30 die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes  $RL$  der Primärwicklung  $W_p$  bezogen auf eine Bezugstemperatur von  $25^\circ C$  wieder. Der Widerstandswert  $RL25$  ist also der Wert des Widerstands der Primärwicklung  $W_p$  bei  $25^\circ C$  und  $KT$  die Temperaturkonstante, die für Kupfer den Wert  $3900 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ C$  hat.

Die Werte der Widerstände RL25, R30, R31, R32 und R4 können nun in vorteilhafter Weise so gewählt werden, dass die Spannung Uout' bei einer Temperatur von 25°C den Wert 0 Volt hat, so dass Abweichungen von dieser Temperatur nach oben und unten durch das Vorzeichen der Spannung Uout' erkennbar sind.

Die Spannung Uout' an der Klemme 10 lässt sich auch darstellen durch den Ausdruck

$$U_{out}' = SENS_{soll} \cdot (TEMP - 25^{\circ}C)$$

mit

$$SENS_{soll} = U_{in}' \cdot KT \cdot \frac{RL25 \cdot R31}{R4 \cdot R30}$$

wobei SENS<sub>soll</sub> die Sollempfindlichkeit der Schaltungsanordnung bezüglich der Temperaturmessung ist.

In der Praxis weichen die Werte der Widerstände R30, R31, R32 und R4 von ihren Sollwerten ab. Auch der Wert des Widerstands RL25 der Primärwicklung Wp unterliegt Herstellungstoleranzen, weist also einen Wert RL25<sub>ist</sub> auf, der von einem Sollwert abweicht, so dass bei der Bezugstemperatur von 25°C die Spannung Uout' nicht 0 Volt aufweist sondern den Wert einer Offsetspannung Uoffs25 hat. Da auch die Ausgangsspannung Uin der Integrierschaltung V1 Schwankungen unterworfen ist und von ihrem Sollwert Uin<sub>soll</sub> abweicht, weicht auch die Empfindlichkeit SENS von ihrem Sollwert SENS<sub>soll</sub> ab und weist einen Wert SENS<sub>ist</sub> auf.

Wenn nun die Istwerte der Offsetspannung Uoffs25, der Spannung Uout' an der Klemme 10 und der Spannung Uin' an der Klemme 11 bei der Bezugstemperatur von 25°C gemessen werden,

10

kann daraus der Istwert des Widerstands  $RL25_{ist}$  der Primärwicklung  $Wp$  gemäß der Formel

$$5 \quad RL25_{ist} = \left( \frac{U_{out'}}{U_{in'}} + \frac{R31}{R32} \right) \cdot R4 \cdot R30$$

berechnet werden. Mit der Kenntnis dieser Werte lässt sich nun die Temperatur  $TEMP$  gemäß der Formel

10

$$TEMP = \frac{\left( U_{in_{soll}} \cdot \frac{U_{out'}}{U_{in'}} - U_{offs25} \right) \frac{RL25}{RL25_{ist}}}{SENS_{soll}} + 25^{\circ}C$$

15

berechnen. Diese Berechnung erfolgt in einer Rechenschaltung  $RS$ , die mit den Klemmen 10 und 11 verbunden ist. Der Rechenschaltung  $RS$  wird außerdem das Messsignal  $MS$  zugeführt. Sie errechnet daraus und aus Korrekturwerten entsprechend einem Kennlinienfeld, das die Temperaturabhängigkeit des Messsignals  $MS$  wiedergibt, ein korrigiertes Messsignal  $MS'$ .

Es wird also bei Inbetriebnahme der Schaltungsanordnung eine Kalibriermessung durchgeführt, die entsprechenden Werte für  $U_{offs25}$  gespeichert und für  $RL25_{ist}$  berechnet und gespeichert und bei späteren Berechnungen der Isttemperatur  $TEMP$  zur Korrektur der Berechnungen aus den gemessenen Werten der Spannungen  $U_{out'}$  und  $U_{in'}$  herangezogen.

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor,  
5 mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung (Wp) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom (IL) zur Ansteuerung der Primärwicklung (Wp) bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen (Ws1, Ws2) des Transformators (LVDT) verbunden ist und ein Messsignal (MS) bereitstellt,  
10 **dadurch gekennzeichnet,**

dass eine zur Ansteuerung der Ansteuer- (ASS) und der Auswerteschaltung (AWS) und Verarbeitung des von der Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellten Messsignals (MS) dienende Steuerungschaltung (ST) zur Ermittlung der Temperatur der Schaltungsanordnung mit der Primärwicklung (Wp) verbunden ist und derart ausgebildet ist, dass sie den temperaturabhängigen ohmschen Widerstand (RL25) der Primärwicklung (Wp) ermittelt und daraus die Temperatur (TEMP) errechnet und das durch die Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellte Messsignal (MS) entsprechend korrigiert.  
20

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**  
25 **net,** dass die Steuerungschaltung (ST) eine Addierschaltung (V4, R30, R31, R32, R33) aufweist, deren Eingänge mit Klemmen (2, 9) verbunden sind, an denen eine dem Widerstandswert der Primärwicklung (Wp) proportionale Spannung (Uout) beziehungsweise eine Bezugsspannung (Uin) bereitgestellt sind.

30

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Bezugsspannung (Uin) eine dem Strom (IL) durch die Primärwicklung (Wp) proportionale Spannung ist.

35

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) einen trapezförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist und dass die Steuerschaltung (ST) derart ausgebildet ist, dass Abtastwerte einer an der Primärwicklung ( $W_p$ ) abgegriffenen, rechteckförmigen Spannung ( $U_{out}$ ) als auch einer dem Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) proportionalen Spannung ( $U_{in}$ ) zu Zeiten ( $T_1$ ,  $T_2$ ) genommen werden, zu denen der trapezförmige Strom ( $I_L$ ) einen konstanten Verlauf hat.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtastwerte sowohl in der ersten als auch in der zweiten Periodenhälfte der an der Primärwicklung ( $W_p$ ) abgegriffenen, rechteckförmigen Spannung ( $U_{out}$ ) als auch der dem Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) proportionalen Spannung ( $U_{in}$ ) genommen werden und dass ~~und~~ die aus den jeweiligen Abtastwerten der ersten Periodenhälfte und den jeweiligen Abtastwerten der zweiten Periodenhälfte gebildeten Differenzwerte als Messwerte verwendet werden.

6. Verfahren zum Korrigieren des Messsignals (MS) einer Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung ( $W_p$ ) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung ( $W_p$ ) bereitstellt, mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen ( $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$ ) des Transformators (LVDT) verbunden ist und das Messsignal (MS) bereitstellt, und mit einer Steuerschaltung (ST) zur Ansteuerung der Ansteuer- und der Auswerteschaltung und Verarbeitung des von der Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellten Messsignals (MS), die zur Ermittlung des Widerstandswerts der Primärwicklung ( $W_p$ ) mit dieser verbunden ist, mit den Schritten:



- Errechnung der Temperatur (TEMP) aus dem ermittelten Widerstandswert ( $R_{L25}$ ) der Primärwicklung ( $W_p$ ),
- Korrektur des durch die Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellten Messsignals (MS) mittels abgespeicherter Korrekturformeln.

5

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Widerstandswert ( $R_{L25}$ ) der Primärwicklung ( $W_p$ ) durch Ermittlung der Spannung ( $U_{out}$ ) an der Primärwicklung ( $W_p$ ) und einer dem Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) proportionalen Spannung ( $U_{in}$ ) ermittelt wird und zur Spannung ( $U_{out}$ ) an der Primärwicklung ( $W_p$ ) eine Bezugsspannung ( $U_{in}$ ) addiert wird, wobei die Bezugsspannung ( $U_{in}$ ) derart dimensioniert wird, dass sich für eine gewünschte Temperatur, insbesondere der Umgebungstemperatur, ein Summenspannung ( $U_{out}'$ ) von 0 Volt einstellt.

20 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bezugsspannung ( $U_{in}$ ) proportional dem Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) ist.

25 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Strom ( $I_L$ ) durch die Primärspule ( $W_p$ ) einen trapezförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist und dass Abtastwerte einer an der Primärwicklung ( $W_p$ ) abgegriffenen, rechteckförmigen Spannung ( $U_{out}$ ) als auch einer dem Strom ( $I_L$ ) durch die Primärwicklung ( $W_p$ ) proportionalen Spannung ( $U_{in}$ ) sowohl in der ersten als auch in der zweiten Periodenhälfte zu Zeiten ( $T_1$ ,  $T_2$ ) genommen werden, zu denen der trapezförmige Strom ( $I_L$ ) einen konstanten Verlauf hat und die aus den jeweiligen Abtastwerten der ersten Periodenhälfte und den jeweiligen Abtastwerten der zweiten Periodenhälfte gebildeten Differenz-

30

35

werte als der Temperatur (TEMP) proportionale Messwerte verwendet werden.

## Zusammenfassung

Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und  
5 Verfahren zum Korrigieren des Messsignals der Schaltungsanordnung

Bei einer Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung (Wp) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom (IL) zur Ansteuerung der Primärwicklung (Wp) bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen (Ws1, Ws2) des Transformators (LVDT) verbunden ist und ein Messsignal (MS) bereitstellt, ist eine zur Ansteuerung der Ansteuer- (ASS) und der Auswerteschaltung (AWS) und Verarbeitung des von der Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellten Messsignals (MS) dienende Steuerungschaltung (ST) zur Ermittlung der Temperatur der Schaltungsanordnung mit der Primärwicklung (Wp) verbunden und derart ausgebildet, dass sie den temperaturabhängigen ohmschen Widerstand (RL25) der Primärwicklung (Wp) ermittelt und daraus die Temperatur (TEMP) errechnet und das durch die Auswerteschaltung (AWS) bereitgestellte Messsignal (MS) entsprechend  
25 korrigiert.

Figur 1

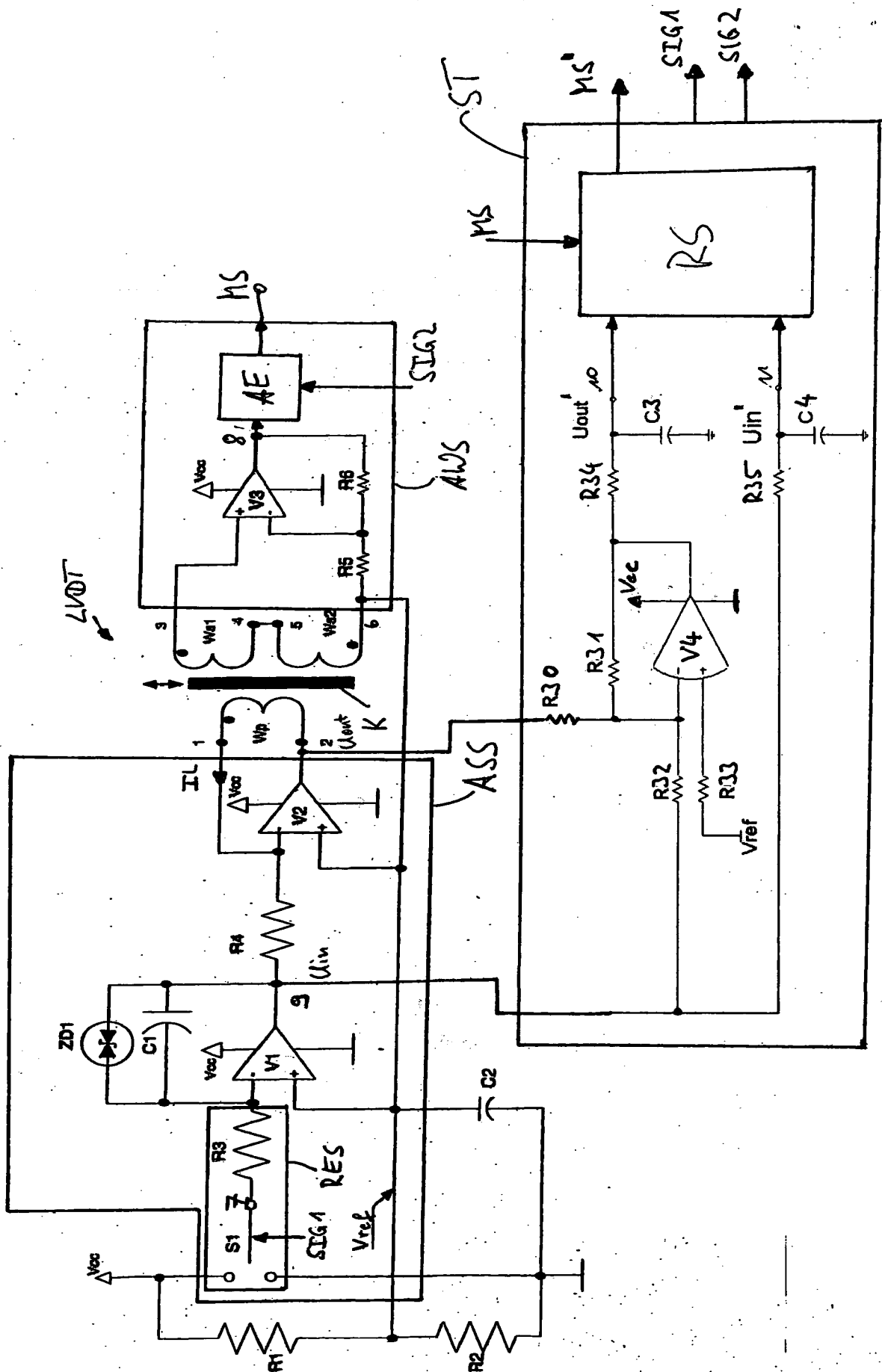
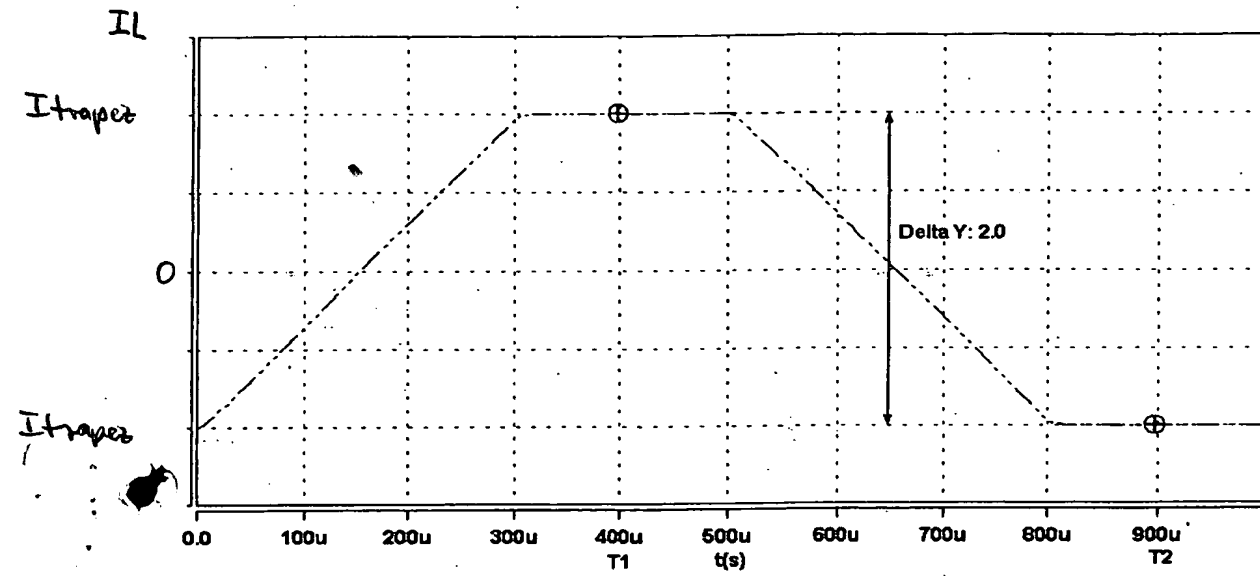
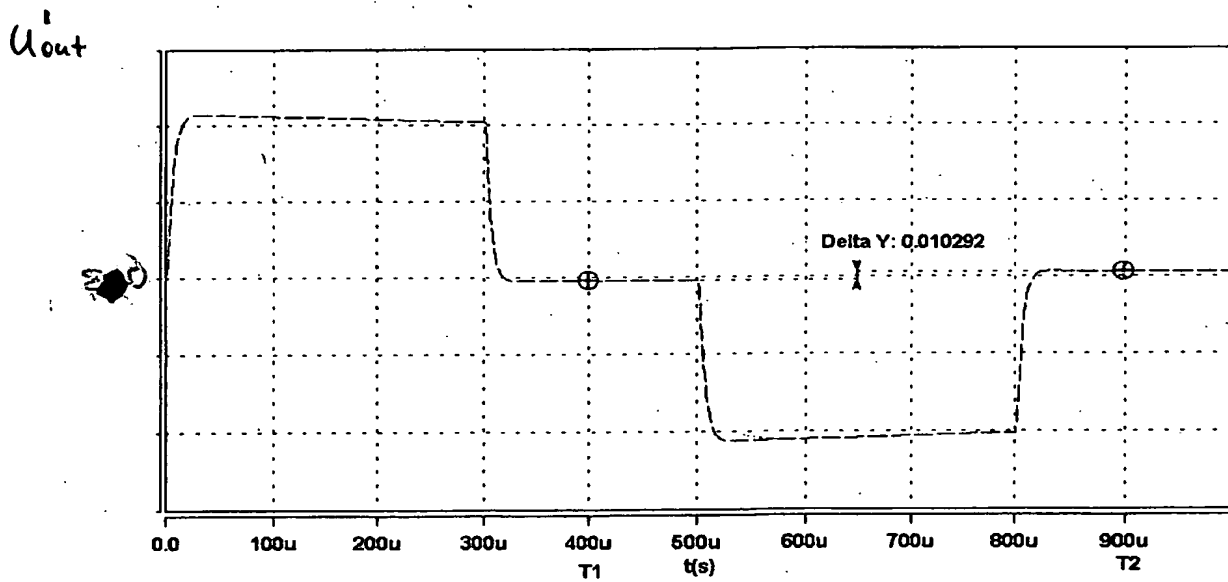


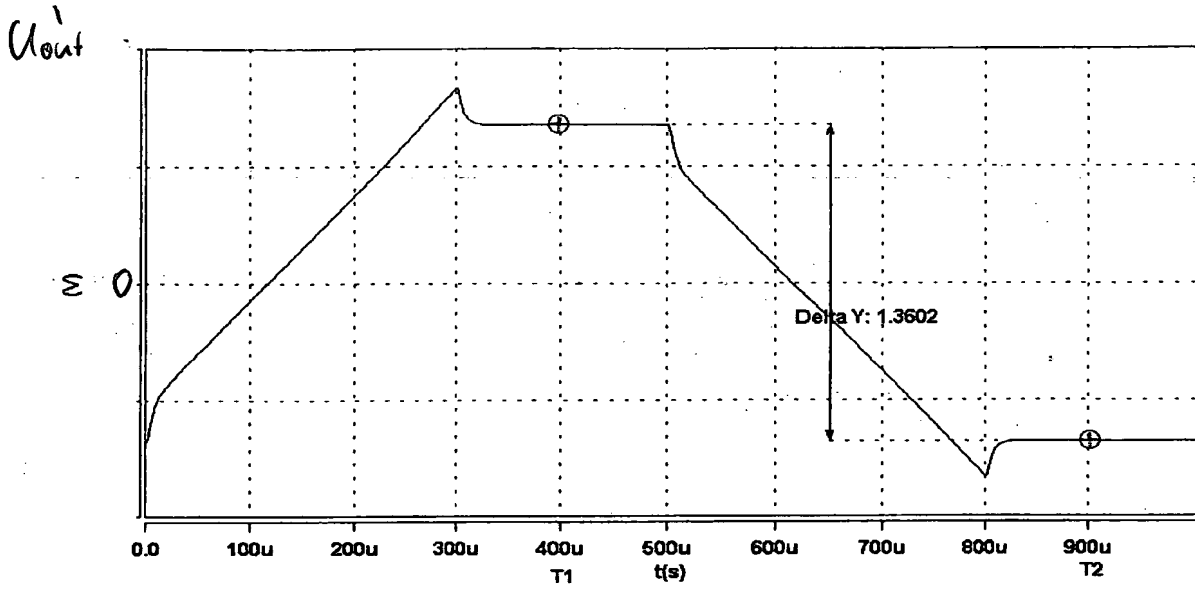
Figure 1



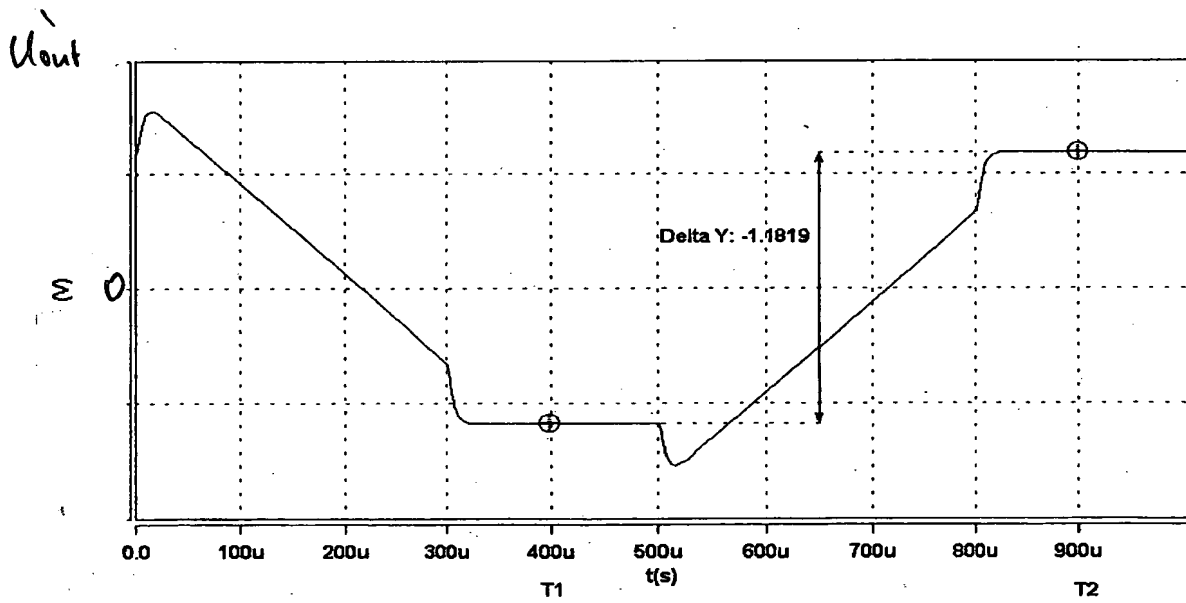
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5